

# UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE

FACULTAD DE INGENIERÍA EN CIENCIAS  
AGROPECUARIAS Y AMBIENTALES

ESCUELA DE INGENIERÍA EN RECURSOS NATURALES RENOVABLES

**“ALTERNATIVAS DE PROTECCIÓN DE SUELOS EN LA  
MICROCUEENCA YAHUARCOCHA MEDIANTE SIEMBRA DIRECTA  
DE TRES ESPECIES *Caesalpinia spinosa*, *Acacia macracantha* y *Schinus  
molle*, EN ZANJAS DE INFILTRACIÓN”**

Tesis de Ingeniera en Recursos Naturales Renovables

**AUTORA:**

Dora Lucía Paredes Pita

**DIRECTORA:**

Ing. Gladys Yaguana

Ibarra – Ecuador  
2008

**UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE**  
**FACULTAD DE INGENIERÍA EN CIENCIAS AGROPECUARIAS Y**  
**AMBIENTALES**  
**ESCUELA DE INGENIERÍA EN RECURSOS NATURALES**  
**RENOVABLES**

“Alternativas de protección de suelos en la microcuenca Yahuarcocha mediante siembra directa de tres especies *Caesalpinia spinosa*, *Acacia macracantha* y *Schinus molle*, en zanjas de infiltración”

Aprobada por los miembros del comité asesor:

Ing. Gladys Yaguana  
**DIRECTORA DE TESIS**

**FIRMA**

Ing. Aníbal Arévalo  
**ASESOR**

**FIRMA**

Ing. Guillermo Beltrán  
**ASESOR**

**FIRMA**

Biól. Galo Pabón  
**ASESOR**

**FIRMA**

Abg. César Ponce  
**ASESOR**

**FIRMA**

Ibarra – Ecuador  
2008

## **PRESENTACIÓN**

Los resultados, discusión, conclusiones y demás partes de la presente investigación son responsabilidad de la autora.

Dora Lucía Paredes Pita

## **DEDICATORIA**

Dedico al Ser, quien creó la vida, las maravillas que me rodean, las personas con quienes comparto y amo, que para mi son una fuente de inspiración para que a través del esfuerzo y constancia se cumpla su voluntad.

Dedico al Ser, quién me dió a mis queridos padres Magdalena Pita y Pedro Paredes que me han enseñado con su ejemplo de amor y perseverancia a ser una persona de bien.

Dedico al Ser, quien me dió a mis hermanitos, Marco, Germania, Anita, Carlos, Pedro y Gladys con quienes he compartido momentos inolvidables en mi vida.

Dedico al Ser, quien me dió a la persona muy importante en mi vida el cual me ha enseñado que a pesar de las dificultades y límites hay que seguir y cumplir las metas propuestas.

Ese Ser grandioso que sigue llenando mi vida de bendiciones y estoy profundamente agradecida es DIOS.

## **AGRADECIMIENTO**

Sinceros agradecimientos a mi directora Ing. Gladys Yaguana, quién hizo posible la realización de este gran proyecto con la ayuda incondicional de la prestigiosa institución Universidad Técnica del Norte y Consejo Nacional de Educación Superior (CONESUP).

A mis queridos asesores Ing. Guillermo Beltrán, Biól. Galo Pabón, Ing. Aníbal Arévalo y Abg. César Ponce, quienes me guiaron a través de sus valiosos conocimientos.

A mi apreciada compañera y amiga Fernanda con quién compartí muchas experiencias estudiantiles, a Pepin y Coti por su valiosa ayuda y a la vez expreso mi agradecimiento al Ing. Manuel Aguilar por su apoyo incondicional.

## **INDICE**

### **CONTENIDO**

#### **CAPÍTULO 1**

1.	Introducción	1
----	--------------	---

1.1.	Objetivos	3
1.1.1.	Objetivo general	3
1.1.2.	Objetivos específicos	3
1.2.	Hipótesis	4

## **CAPÍTULO II**

2.	Revisión de literatura	5
2.1	El suelo	5
2.1.1	Propiedades físicas	6
2.1.1.1	Densidad aparente	6
2.1.1.2	Profundidad efectiva	6
2.1.1.3	Profundidad del horizonte superior	7
2.1.1.4	Color	7
2.1.1.5	Estructura	8
2.1.1.6	Textura	9
2.1.1.7	Consistencia	10
2.1.2	Propiedades químicas de los suelo	10
2.1.2.1	Nutrientes	10
2.1.2.2	Materia orgánica	11
2.1.2.3	pH	11
2.2.	La erosión del suelo	12
2.2.1.	Procesos de erosión	12
2.2.2.	Factores de erosión	12
2.2.3.	Tipos de erosión	13
2.2.3.1.	Erosión eólica	13
2.2.3.2.	Erosión hídrica	14
2.3.	La conservación de suelos	15
2.3.1.	Obras de conservación de suelos	15
2.3.2.	Curvas a nivel	16
2.3.3.	Zanjas de infiltración	16

2.4.	El humus de lombriz	16
2.4.1.	Composición química	17
2.4.2.	Propiedades del humus	18
2.4.2.1.	Propiedades químicas	18
2.4.2.2.	Propiedades físicas	18
2.4.2.3.	En la biología	18
2.5.	Manejo de semillas forestales	19
2.5.1.	Recolección	19
2.5.2.	Tamaño y sanidad de los frutos	20
2.5.3.	Almacenamiento de frutos y semillas	20
2.5.4.	Viabilidad de las semillas	21
2.5.5.	Procedencia y calidad	21
2.5.6.	Parámetros para determinar la calidad	22
2.5.6.1.	Pureza	22
2.5.6.2.	Número de semillas	23
2.5.6.3.	Porcentaje de germinación	23
2.5.7.	Tratamientos pregerminativos	23
2.6.	Especies forestales	23
2.6.1.	EL Faique <i>Acacia macracantha</i> Humb. et Bompl.	24
2.6.1.1.	Descripción botánica	24
2.6.1.2.	Distribución y datos ecológicos	25
2.6.1.3.	Tratamientos pre-germinativos	26
2.6.1.4.	Usos	26
2.6.2.	EL Guarango <i>Caesalpinia spinosa</i> (Molina) Kuntze	27
2.6.2.1.	Descripción Botánica	28
2.6.2.2.	Distribución y datos ecológicos	29
2.6.2.3.	Tratamientos pre-germinativos	31
2.6.2.4.	Usos	31

2.6.3.	El Molle <i>Schinus molle</i> L.	34
2.6.3.1.	Descripción Botánica	34
2.6.3.2.	Distribución y datos ecológicos	35
2.6.3.3.	Tratamientos pre-germinativos	36
2.6.3.4.	Usos	36

### **CAPÍTULO III**

3.	Materiales y métodos	39
3.1.	Caracterización del área de estudio	39
3.1.2.	Localización geográfica	39
3.1.3.	Coordenadas geográficas	39
3.1.4.	Características climáticas	39
3.2.	Materiales utilizados	40
3.3.	Metodología	41
3.3.1.	Diseño experimental	41
3.3.2.	Superficie y ubicación de ensayos	41
3.3.3.	Arreglo factorial A x B	43
3.3.3.1.	Tratamientos en estudio	43
3.3.3.2.	Características del experimento	43
3.4.	Características de los suelos	43
3.4.1.	Características físicas	43
3.4.1.1.	Densidad aparente	44
3.4.1.2.	Profundidad efectiva	44
3.4.1.3.	Pendiente	45
3.4.1.4.	Descripción del perfil del suelo	45
3.4.2.	Características químicas	46
3.4.3.	Flora y fauna	46
3.4.3.1.	Análisis de vegetación	47



3.4.3.2.	Recolección de muestras botánicas	47
3.4.3.3.	Identificación de muestras botánicas	48
3.4.3.4.	Elaboración de mapas	48
3.5.	Determinación de la calidad de semillas	48
3.5.1.	Manejo de la semilla	49
3.5.1.1.	Recolección de Semillas	49
3.5.1.2.	Extracción, preparación y preservación de las semillas	49
3.5.2.	Parámetros para determinar la calidad de la semilla	50
3.5.2.1.	Pureza	50
3.5.2.2.	Número de semillas	51
3.5.2.3.	Germinación	51
3.6.	Determinación de germinación, sobrevivencia, crecimiento y estado fitosanitario	51
3.6.1.	Instalación del ensayo	51
3.6.1.1.	Delimitación de los sitios experimentales	51
3.6.1.2.	Señalamiento y apertura de zanjas de infiltración y hoyos	52
3.6.1.3.	Pretratamiento de las semillas	52
3.6.1.4.	Siembra	53
3.6.1.5.	Labores culturales	54
3.6.2.	Recopilación de datos	54
3.6.2.1.	Porcentaje de germinación	54
3.6.2.2.	Porcentaje de sobrevivencia	55
3.6.2.3.	Medición de altura	55
3.6.2.4.	Medición de diámetro basal	56
3.6.2.5.	Estado fitosanitario	56
3.6.3.	Análisis de la información	57
3.6.3.1.	Prueba de diferencia de las medias	57
3.6.3.2.	Análisis de varianza	57
3.6.3.3.	Arreglo de datos por el Diseño de bloques completamente al azar (D.B.C.A.) con arreglo factorial A x B	58

3.6.3.4.	Esquema del Análisis de Varianza	58
3.6.3.5.	Medias de los factores	58
3.6.3.6.	Prueba de rango múltiple	58
3.7.	Influencia de las zanjas de infiltración en la conservación de humedad	59
3.8.	Determinación de costos	59

## **CAPÍTULO IV**

4.	Resultados y discusión	60
4.1.	Caracterización general del área de estudio	60
4.1.1.	Ubicación ecológica	60
4.1.2.	Características edáficas	60
4.1.3.	Características generales de los sitios	61
4.2.	Características físicas químicas y biológicas de los sitios de estudio	62
4.2.1.	Características físicas	62
4.2.1.1.	Densidad aparente de los cuatro sitios	63
4.2.1.2.	Profundidad efectiva	63
4.2.1.3.	Descripción del perfil del suelo	64
4.2.2.	Nutrientes de los cuatro sitios	72
4.2.2.1.	pH en los cuatro sitios de estudio	73
4.2.2.2.	Contenido de materia orgánica de los cuatro sitios de estudio	74
4.2.2.3.	Contenido de nitrógeno de los cuatro sitios de estudio	76
4.2.2.4.	Contenido de fósforo de los cuatro sitios de estudio	77
4.2.2.5.	Contenido de potasio de los cuatro sitios de estudio	78
4.2.3.	Fauna y flora de los sitios	79
4.2.3.1.	Análisis de la fauna	79
4.2.3.2.	Análisis de la flora	80

4.3.	Calidad de la semilla	87
4.3.1	Pureza	87
4.3.2.	Número de semillas	88
4.3.3.	Porcentaje de germinación	88
4.4.	Determinación de la germinación, sobrevivencia, crecimiento y estado fitosanitario de tratamientos	89
4.4.1.	Porcentaje de germinación	89
4.4.2.	Porcentaje de sobrevivencia	92
4.4.3.	Crecimiento inicial	101
4.4.3.1.	Altura	101
4.4.3.2.	Diámetro basal	108
4.4.4.	Estado fitosanitario	115
4.5.	Influencia de las zanjas de infiltración en la conservación de la humedad	116
4.5.1.	Influencia de las zanjas de infiltración en la conservación de la humedad en el sitio 1 (Olivo Ato)	116
4.5.2.	Influencia de las zanjas de infiltración en la conservación de la humedad en el sitio 2 (El Tablón)	117
4.5.3.	Influencia de las zanjas de infiltración en la conservación de la humedad en el sitio 3 (Loma Robayo)	119
4.5.4.	Influencia de las zanjas de infiltración en la conservación de la humedad en el sitio 4 (Aloburo)	120
4.6.	Evaluación económica	121

## **CAPÍTULO V**

5.	Conclusiones	122
----	--------------	-----

## **CAPÍTULO VI**

6.	Recomendaciones	124
----	-----------------	-----

## **CAPÍTULO VII**

7.	Resumen	125
----	---------	-----

## **CAPÍTULO VIII**

8.	Summary	129
----	---------	-----

## **CAPÍTULO IX**

9.	Bibliografía	133
----	--------------	-----

## **INDICE DE CUADROS**

### **CUADRO**

1	Materiales e instrumentos utilizados en la investigación, UTN, 2006 – 2007	41
---	---	----

2	Características generales de los sitios, Yahuarcocha,UTN, 2006	61
3	Densidad aparente del suelo de los cuatro sitios de estudio, Yahuarcocha,UTN, 2007	63
4	Profundidad efectiva del suelo de los cuatro sitios de estudio, Yahuarcocha,UTN, 2007	64
5	Horizontes y espesores de los sitios, Yahuarcocha, UTN, 2007	69
6	Determinación de la estructura en los cuatro sitios, Yahuarcocha, UTN, 2007	70
7	Presencia de raíces identificadas en los cuatro sitios, Yahuarcocha, UTN, 2007	72
8	Resultados del análisis químico de nutrientes de los cuatro sitios en estudio, antes y después de instalar el ensayo, Yahuarcocha, UTN, 2006 – 2007	73
9	Resultados del análisis de pH de los cuatro sitios en estudio al inicio y al final del estudio, Yahuarcocha, UTN, 2006 – 2007	74
10	Lista de aves, mamíferos y reptiles representativos encontradas durante la investigación. Yahuarcocha, UTN, 2006 – 2007	80
11	Especies registradas en el sitio 1 en la época seca y lluviosa, Yahuarcocha, UTN, 2006 – 2007	81
12	Especies registradas en el sitio 2 en la época seca y lluviosa, Yahuarcocha, UTN, 2006 – 2007	82
13	Especies registradas en el sitio 3 en la época seca y lluviosa, Yahuarcocha, UTN, 2006 – 2007	83
14	Especies registradas en el sitio 4 en la época seca y lluviosa, Yahuarcocha, UTN, 2006 – 2007	84
15	Porcentaje de germinación de los tratamientos. Yahuarcocha, UTN, 2006	91
16	Porcentaje de sobrevivencia de los tratamientos del sitio 1, Yahuarcocha, UTN, 2007	93
17	Porcentaje de sobrevivencia de los tratamientos del sitio 2, Yahuarcocha, UTN, 2007	95

18 Porcentaje de sobrevivencia de los tratamientos del sitio 3, Yahuarcocha, UTN, 2007	97
19 Porcentaje de sobrevivencia de los tratamientos del sitio 4, Yahuarcocha, UTN, 2007	98

## INDICE DE FIGURAS

### FIGURA

1. Ubicación de los sitios de ensayo con sus respectivos tratamientos.	42
2 Presencia de materia orgánica en los cuatro sitios de estudio, antes	

y después de instalado el ensayo, Yahuarcocha, UTN, 2006 – 2007	75
3 Presencia de nitrógeno en los cuatro sitios de estudio, antes y después de instalado el ensayo, Yahuarcocha, UTN, 2006 – 2007	76
4 Presencia de fósforo en los cuatro sitios de estudio, antes y después de instalado el ensayo, Yahuarcocha, UTN, 2006 – 2007	78
5 Presencia de potasio en los cuatro sitios de estudio antes y después de instalado el ensayo, Yahuarcocha, UTN, 2006 – 2007	79
6 Dendograma de similaridad aplicando el índice cualitativo de SORENSON, UTN, 2007	85
7 Porcentaje de pureza de semillas del faique, guarango y molle, UTN, 2006	87
8 Pesaje Internacional de semillas de faique, guarango y molle, UTN, 2006	88
9 Porcentaje de germinación de semillas de faique, guarango y molle, UTN, 2006	89
10 Porcentaje de germinación de semillas de faique ( <i>Acacia macracantha</i> ), guarango ( <i>Caesalpinia spinosa</i> ) y molle ( <i>Schinus molle</i> ), de los tratamientos en cada sitio, UTN, 2006	90
11 Porcentaje de sobrevivencia en el sitio 1 a los 60 días hasta los 330 de edad de cada tratamientos, Yahuarcocha, UTN, 2007	94
12 Porcentaje de sobrevivencia en el sitio 2 a los 60 días hasta los 330 de edad de los tratamientos, Yahuarcocha, UTN, 2007	96
13 Porcentaje de sobrevivencia en el sitio 3 a los 60 días hasta los 330 de edad de los tratamientos, Yahuarcocha, UTN, 2007	98
14 Porcentaje de sobrevivencia en el sitio 4 a los 60 días hasta los 330 de edad de los tratamientos, Yahuarcocha, UTN, 2007	100
15 Incremento de altura de las especies en el sitio 1, Yahuarcocha, UTN, 2007	102
16 Incremento de altura de los tratamientos en el sitio 1, Yahuarcocha, UTN, 2007	103
17 Incremento de altura de las especies en el sitio 2,	

Yahuarcocha, UTN, 2007	104
18 Incremento de altura de los tratamientos en el sitio 2, Yahuarcocha, UTN, 2007	104
19 Incremento de altura de las especies en el sitio 3, Yahuarcocha, UTN, 2007	105
20 Incremento de altura de los tratamientos en el sitio 3, Yahuarcocha, UTN, 2007	106
21 Incremento de altura de las especies en el sitio 4, Yahuarcocha, UTN, 2007	107
22 Incremento de altura de los tratamientos en el sitio 4, Yahuarcocha, UTN, 2007	108
23 Incremento del diámetro basal de las especies en el sitio 1, Yahuarcocha, UTN, 2007	109
24 Incremento de diámetro basal de los tratamientos en el sitio 1, Yahuarcocha, UTN, 2007	109
25 Incremento del diámetro basal de las especies en el sitio 2, Yahuarcocha, UTN, 2007	110
26 Incremento de diámetro basal de los tratamientos en el sitio 2, Yahuarcocha, UTN, 2007	111
27 Incremento del diámetro basal de las especies en el sitio 3, Yahuarcocha, UTN, 2007	112
28 Incremento de diámetro basal de los tratamientos en el sitio 3, Yahuarcocha, UTN, 2007	113
29 Incremento del diámetro basal de las especies en el sitio 4, Yahuarcocha, UTN, 2007	114
30 Incremento de diámetro basal de los tratamientos en el sitio 4, Yahuarcocha, UTN, 2007	115
31 Contenido de humedad del suelo bajo y fuera de la zanja de infiltración en el sitio 1. Yahuarcocha, UTN, 2007	116
32 Contenido de humedad del suelo bajo y fuera de la zanja de infiltración en el sitio 2. Yahuarcocha, UTN, 2007	117



33	Contenido de humedad del suelo bajo y fuera de la zanja de infiltración en el sitio 3. Yahuarcocha, UTN, 2007	119
34	Contenido de humedad del suelo bajo y fuera de la zanja de infiltración en el sitio 4. Yahuarcocha, Ibarra, 2007	120

## **INDICE DE FOTOGRAFÍAS**

### **FOTOGRAFÍA**

1.	Medición de la profundidad efectiva del suelo en los cuatro sitios de estudio, Yahuarcocha, UTN, 2007	44
----	---	----

2. Determinación del color del suelo en los cuatro sitios de estudio, Yahuarcocha, UTN, 2007	45
3. Recolección de muestras botánicas en cada sitio de estudio, Yahuarcocha, UTN, 2006 – 2007	48
4. Recolección de semillas de faique, guarango y molle, UTN, 2006	49
5. Extracción y preservación de las semillas de faique, guarango y molle, UTN, 2006	50
6. Señalamiento y apertura de zanjas de infiltración y hoyos, Yahuarcocha, UTN. 2006	52
7. Semillas de faique, guarango y molle utilizadas para la siembra, UTN, 2006	53
8. Selección de la planta más representativa por especie, Yahuarcocha, UTN, 2007	54
9. Medición de altura de las tres especies, Yahuarcocha, UTN. 2007	55
10. Medición del diámetro basal de las especies. Yahuarcocha, UTN. 2007	56
11. Perfil del suelo del sitio 2, Yahuarcocha, UTN, 2007	65
12. Perfil del suelo del sitio 3, Yahuarcocha, UTN, 2007	66
13. Perfil del suelo del sitio 4, Yahuarcocha, UTN, 2007	67
14. Agua recolectada en la zanja y hoyo encharcado. Yahuarcocha, UTN, 2006	92
15. Muerte del molle por desbordamiento de zanjas y por la sequía. Yahuarcocha, UTN, 2007	94
16. Muerte del faique por presencia de gusanos trozadores, Yahuarcocha, UTN, 2007	95
17. Plantas de faique devoradas por el conejo de páramo ( <i>Sylvilagus brasiliensis</i> ), Yahuarcocha, UTN, 2007	97
18. Muerte de plantas de faique por gusanos trozadores y por la sequía, Yahuarcocha, UTN, 2007	99

19. Muerte del guarango en la época seca. Yahuarcocha, UTN, 2007	99
20. Muerte de plantas de molle por gusanos trozadores y por la sequía, Yahuarcocha, UTN, 2007	100
21. Planta de guarango en el tratamiento guarango con humus (GCH) medido a los 10 meses, Yahuarcocha, UTN, 2007	102
22. Retención de agua en las zanjas de infiltración. Yahuarcocha, UTN, 2007	118
23. Presencia de pastos naturales que protegen al suelo, tomada a los 10 meses de instalado el ensayo, Yahuarcocha, UTN, 2007	121

## **INDICE DE MAPAS**

### **MAPA**

1. Ubicación del área de estudio, UTN, 2007	40
---	----

## **INDICE DE ANEXOS**

**ANEXO 1.** MAPAS DE LOS CUATRO SITIOS DE ESTUDIO

**ANEXO 2.** DESCRIPCIÓN DEL PERFIL DEL SUELO DE LOS CUATRO SITIOS DE ESTUDIO.

- ANEXO 3.** RESULTADOS DE LOS ANALISIS QUÍMICOS DE LOS HORIZONTES DEL PERFIL DEL SUELO.
- ANEXO 4.** RESULTADOS DEL ANÁLISIS DE LA FLORA EXISTENTE EN LA EPOCA SECA Y LLUVIOSA DE LOS SITIOS.
- ANEXO 5.** REGISTRO DE DATOS DE ALTURA Y DIÁMETRO BASAL DE LOS SITIO DE ESTUDIO.
- ANEXO 6.** ANALISIS DE VARIANZA DE LOS SITIOS
- ANEXO 7.** PRUEBAS DE TUKEY, DUNCAN Y DMS PARA DETERMINAR LA DIFERENCIA DE CRECIMIENTO EN ALTURA Y DIÁMETRO BASAL DE LOS SITIOS.
- ANEXO 8.** INCREMENTOS DE ALTURA Y DIAMETRO BASAL DE LAS ESPECIES.
- ANEXO 9.** INCREMENTOS DE ALTURA Y DIAMETRO BASAL DE LOS TRATAMIENTOS.
- ANEXO 10.** DATOS DE LA ESTACIÓN METEROLÓGICA DEL AEROPUERTO “ATAHUALPA”
- ANEXO 11.** DETERMINACIÓN DE LOS COSTOS VARIABLES Y FIJOS DE LOS SITIO.
- ANEXO 12.** FOTOGRAFÍAS DE LA FLORA Y FAUNA DE LOS SITIOS DE ESTUDIO.
- ANEXO 13.** ANÁLISIS QUÍMICO DE LOS SUELOS Y HORIZONTES DE LOS PERFILES.
- ANEXO 14.** LISTA DE ESPECIES IDENTIFICADAS EN LOS SITIOS DE ESTUDIO